

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SAN ISIDRO LABRADOR Y UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

Artículo para la culminación del programa postdoctoral “Avanzado en Investigación Científica e
Innovación Potenciada por Inteligencia Artificial (IA)”

**Las herramientas de inteligencia artificial y su impacto en el
pensamiento crítico y la resolución de problemas: estudio de caso de
estudiantes de secundaria STEAM de Turrialba**

***Artificial intelligence tools and their impact on critical thinking and problem-
solving: a case study of STEAM high school students from Turrialba***

Barrantes Morera, Abraham
Doctor en Educación. Investigador Postdoctoral.
Universidad Internacional San Isidro Labrador (UISIL).
Correo electrónico: abybarrantesmorera@gmail.com
Costa Rica.

Resumen

Esta investigación analizó la percepción sobre el uso pedagógico de herramientas de inteligencia artificial (IA) y su impacto en el desarrollo del pensamiento crítico y la resolución de problemas en estudiantes de secundaria bajo la modalidad STEAM en el cantón de Turrialba, Costa Rica. El estudio se fundamentó en un enfoque mixto con un diseño de triangulación concurrente (DITRIAC), integrando datos cuantitativos y cualitativos de manera simultánea. La muestra incluyó a 23 docentes de Matemáticas y Ciencias y 146 estudiantes de décimo año, representando más del 20% de la población total de los nueve centros educativos STEAM participantes. Los resultados revelaron un dominio general "desfavorable" (61.5%) en la integración efectiva de estas competencias, al no alcanzar el umbral operativo del 80%. Si bien el uso pedagógico de la IA obtuvo una valoración del 73.25%, las dimensiones de pensamiento crítico (60.62%) y resolución de problemas (54.17%) mostraron niveles insuficientes. Se identificó una concentración instrumental en herramientas como ChatGPT y Canva, acompañada de una escasa verificación de la información (97.3% de los estudiantes no verifican la información que brinda la IA). Se concluye que la IA ejerce un impacto dual: potencia la creatividad en la fase de ideación, pero debilita el monitoreo metacognitivo en ausencia de un andamiaje didáctico riguroso y condiciones tecnológicas estables.

Palabras clave: Inteligencia artificial, pensamiento crítico, resolución de problemas, enseñanza secundaria, tecnología educativa, educación STEAM.

Abstract

This research analyzed the perception regarding the pedagogical use of artificial intelligence (AI) tools and their impact on the development of critical thinking and problem-solving skills among secondary students in the STEAM modality in the canton of Turrialba, Costa Rica. The study was based on a mixed-methods approach with a concurrent triangulation design (DITRIAC), integrating quantitative and qualitative data simultaneously. The sample included 23 Mathematics and Science teachers and 146 tenth-grade students, representing over 20% of the total population from the nine participating educational centers. The results revealed a general "unfavorable" domain (61.5%) in the effective integration of these competencies, as the operational threshold of 80% was not reached. Although the pedagogical use of AI received a rating of 73.25%, the dimensions of critical thinking (60.62%) and problem solving (54.17%) showed insufficient levels. An instrumental concentration on tools such as ChatGPT and Canva was identified, accompanied by a scarce verification of information (97.3% of students do not verify the information provided by AI). It is concluded that AI exerts a dual impact: it enhances creativity in the ideation phase but weakens metacognitive monitoring in the absence of rigorous didactic scaffolding and stable technological conditions.

Keywords: Artificial intelligence, critical thinking, problem solving, secondary education, educational technology, educational STEAM.

Introducción

La integración acelerada de la Inteligencia Artificial (IA) generativa en los entornos educativos ha planteado desafíos inéditos para los sistemas escolares contemporáneos, especialmente en aquellos que adoptan enfoques integradores como la educación STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas). En el contexto costarricense, la Estrategia Nacional de IA (ENIA, MICITT, 2025) y el manual interactivo sobre la Estrategia Nacional de Educación STEAM del Ministerio de Educación Pública (MEP, 2023) buscan fomentar competencias del siglo XXI; sin embargo, la implementación de la IA en territorios fuera de la Gran Área Metropolitana, como el cantón de Turrialba, enfrenta una realidad compleja marcada por brechas tecnológicas y desigualdades en la formación docente.

El problema de investigación abordado surge de la necesidad de determinar si la IA actúa como un potenciador de las capacidades cognitivas o si, por el contrario, fomenta la dependencia intelectual. Si bien la literatura reconoce el potencial de la IA para personalizar el aprendizaje y apoyar la ideación creativa (Santoso et al., 2024), también alerta sobre los riesgos de la descarga cognitiva (*cognitive offloading*), un fenómeno donde el estudiantado delega procesos de análisis y verificación en la IA, comprometiendo el desarrollo de su autonomía (Gerlich, 2025).

En Turrialba, en este estudio se observa que el estudiantado y los docentes de los centros educativos STEAM han comenzado a utilizar las herramientas de IA. No obstante, hasta la fecha de este estudio, existía un vacío de conocimiento empírico sobre cómo estas herramientas afectan específicamente las habilidades cognitivas superiores de los estudiantes en este contexto particular. No se tenía certeza si la IA estaba actuando como un catalizador del pensamiento crítico —entendido como el juicio autorregulado que resulta en interpretación, análisis, evaluación e inferencia— o si, por el contrario, estaba promoviendo una automatización superficial de las tareas educativas.

Por consiguiente, el objetivo general de esta investigación fue analizar la percepción del uso de herramientas de inteligencia artificial en el desarrollo del pensamiento crítico y la resolución de problemas en estudiantes de secundaria STEAM

de Turrialba, a fin de evaluar su potencial como recurso pedagógico innovador. Para alcanzar este propósito, se establecieron objetivos específicos dirigidos a: (1) analizar la frecuencia, tipo y modalidad de uso de herramientas de inteligencia artificial implementadas en el contexto educativo STEAM de estudiantes de secundaria en Turrialba; (2) evaluar el impacto del uso de herramientas de inteligencia artificial en el desarrollo del pensamiento crítico de los estudiantes, considerando su capacidad de análisis, argumentación lógica e identificación de supuestos; y (3) determinar la relación entre el uso de herramientas de inteligencia artificial y la capacidad de resolución de problemas en estudiantes, observando la aplicación de conocimientos STEAM y la generación de soluciones.

La justificación de este estudio se fundamenta en la necesidad urgente de trascender la discusión meramente instrumental sobre la tecnología para enfocarse en sus implicaciones epistémicas y pedagógicas. Los hallazgos pretenden dotar a las autoridades educativas y docentes de evidencia situada para la toma de decisiones curriculares y la gestión de recursos tecnológicos.

Material y Método

Diseño de la investigación

La investigación adoptó un enfoque mixto de alcance exploratorio y correlacional, utilizando un Diseño de Triangulación Concurrente (DITRIAC). Este diseño metodológico permitió recolectar y analizar datos cuantitativos y cualitativos de manera simultánea para luego comparar e integrar los resultados en la fase de interpretación. Se eligió este diseño para capturar tanto la magnitud de las variables medidas (perspectiva cuantitativa) como la profundidad de las experiencias y significados atribuidos por los participantes (perspectiva cualitativa).

El estudio es no experimental y transversal, ya que se analizaron las variables en su contexto natural durante el segundo ciclo lectivo 2025 sin manipulación deliberada.

Se estableció un umbral de favorabilidad riguroso del 80% (superior al estándar habitual del 60% o 70%) dada la naturaleza crítica de las competencias STEAM. En el desarrollo de habilidades cognitivas de alto orden, como el pensamiento crítico y la resolución de problemas complejos, un dominio apenas suficiente no garantiza la

transferencia de conocimientos ni la autonomía del estudiante. Por tanto, se asumió que solo una percepción altamente positiva y consistente ($\geq 80\%$) evidenciaría una integración tecnológica que actúa efectivamente como andamiaje cognitivo robusto y no como un soporte superficial.

Población y Muestra

El universo de estudio comprendió la Dirección Regional Educativa de Turrialba, específicamente nueve centros educativos públicos bajo la Estrategia Nacional de Educación STEAM en el Ministerio de Educación Pública de Costa Rica. La población total docente fue de 37 educadores de Matemáticas y Ciencias, y la población estudiantil de décimo año ascendió a 639 estudiantes.

Ruta Cuantitativa (Docentes): Se trabajó con una muestra de 23 docentes de las áreas de Matemáticas y Ciencias, seleccionados de una población total de 37 educadores. Esta participación, que constituye una muestra superior al 20% establecido metodológicamente, aseguró una base sólida para la identificación de tendencias en los centros educativos STEAM seleccionados y la representatividad estadística de los datos.

Ruta Cualitativa (Estudiantes): Se seleccionó una muestra intencional de 146 estudiantes, lo que representa un 22.8% de la población total, superando el criterio metodológico del 20% establecido para garantizar la saturación de datos cualitativos. La muestra aseguró la representación de liceos urbanos, rurales y de territorios indígenas.

Variables/categorías e Instrumentos

Para la recolección de datos se diseñaron y validaron dos instrumentos específicos, operacionalizando las variables/categorías mediante indicadores observables:

Cuestionario Docente (Ruta Cuantitativa): Cuestionario Docente (Ruta Cuantitativa): Instrumento estructurado con escala Likert de 5 puntos (1=Totalmente en desacuerdo a 5=Totalmente de acuerdo, NA/ No uso IA). Se midieron las siguientes variables:

- **Uso pedagógico de la IA (Independiente):** Conocimiento de herramientas, frecuencia de uso y propósitos pedagógicos (generación de ideas, verificación y gestión del uso).

- **Pensamiento Crítico (Dependiente 1):** Capacidad de análisis y evaluación de información, argumentación fundamentada y autonomía cognitiva.
- **Resolución de Problemas (Dependiente 2):** Estrategias creativas, monitoreo del proceso y evitación de respuestas automáticas.
- **Variables Contextuales:** Condiciones didácticas y tecnológicas, ética y uso responsable, contexto y condiciones externas, e impacto y reflexión integral.

El criterio de evaluación estableció un dominio Favorable para puntuaciones iguales o superiores al 80% y Desfavorable para puntuaciones inferiores.

Cuestionario Estudiantil (Ruta Cualitativa): Cuestionario abierto estructurado con 24 preguntas generadoras, organizadas en tres macro-categorías que integran siete categorías de análisis: 1) Conocimiento y Uso de IA, 2) Condiciones Didácticas y Tecnológicas, 3) Ética y Uso Responsable, 4) Contexto y Condiciones Externas, 5) Pensamiento Crítico, 6) Resolución de Problemas, y 7) Impacto y Reflexión Integral. Se buscó profundizar en la experiencia subjetiva del estudiante frente a la tecnología, indagando específicamente sobre la verificación crítica de información y la autonomía cognitiva.

Validación y Procedimiento

Los instrumentos fueron validados mediante juicio de cuatro expertos con grado doctoral en educación y estadística. Además, se realizó una prueba piloto con estudiantes y docentes de una región educativa distinta para asegurar la comprensión de los ítems. Para el análisis cuantitativo, se utilizó estadística descriptiva (frecuencias, porcentajes, promedios) procesada mediante hojas de cálculo y software estadístico. Para el análisis cualitativo, se procedió con la codificación de respuestas abiertas y la categorización temática asistida por IA. Se realizó la triangulación de datos (CUAN-CUAL) para generar metainferencias y responder a las preguntas de investigación.

Para garantizar la consistencia interna y la estabilidad de las medidas, el instrumento cuantitativo fue sometido a un riguroso proceso de validación. Inicialmente, se aseguró la validez de contenido mediante el juicio de un panel de cuatro expertos en currículo STEAM, didáctica, IA educativa y medición, estableciendo como criterio un Índice de Validez de Contenido (CVI) superior a .78. Posteriormente, se planificó el análisis de la fiabilidad mediante la estimación del coeficiente Alfa de Cronbach (α) y el

coeficiente Omega (ω) total por subescala, considerando como aceptables valores superiores a .70. Aunque el presente reporte se centra en los hallazgos descriptivos y correlacionales derivados de la aplicación final, el diseño del instrumento contempló estos estándares psicométricos para asegurar la precisión de las inferencias.

Adicionalmente, se prevé el análisis de la estructura interna mediante análisis factorial exploratorio (AFE) y confirmatorio (AFC) para futuras fases del estudio, verificando la adecuación muestral ($KMO \geq .70$) y el ajuste del modelo.

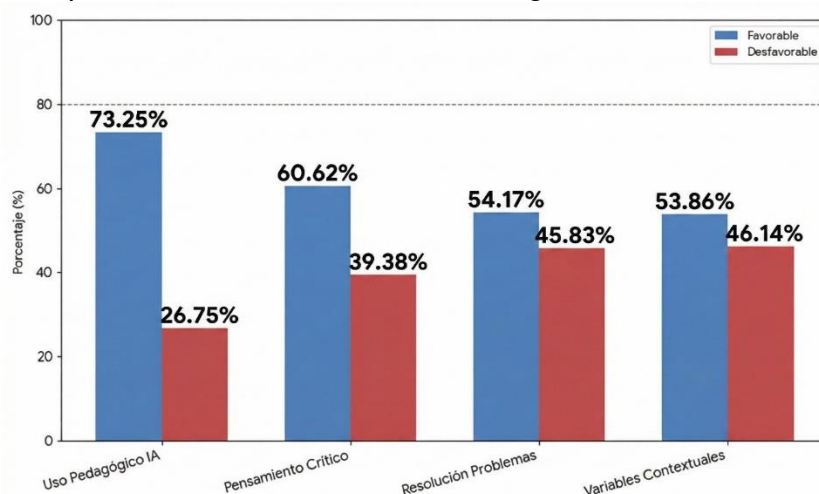
Resultados

El análisis de los datos revela un panorama complejo donde el potencial de la IA se ve limitado por condiciones estructurales y prácticas de uso instrumental. El análisis global indica que el promedio de ejecución de las variables cuantitativas fue del 61.5%, situando al fenómeno en un dominio Desfavorable según el umbral metodológico del 80%.

Análisis cuantitativo de las variables

Los resultados del cuestionario docente evidencian brechas significativas entre el conocimiento de la herramienta y su impacto en competencias superiores. En el gráfico N°1 resume el desempeño porcentual de las variables medidas.

Gráfico N° 1
Desempeño de las variables de estudio según criterio de evaluación

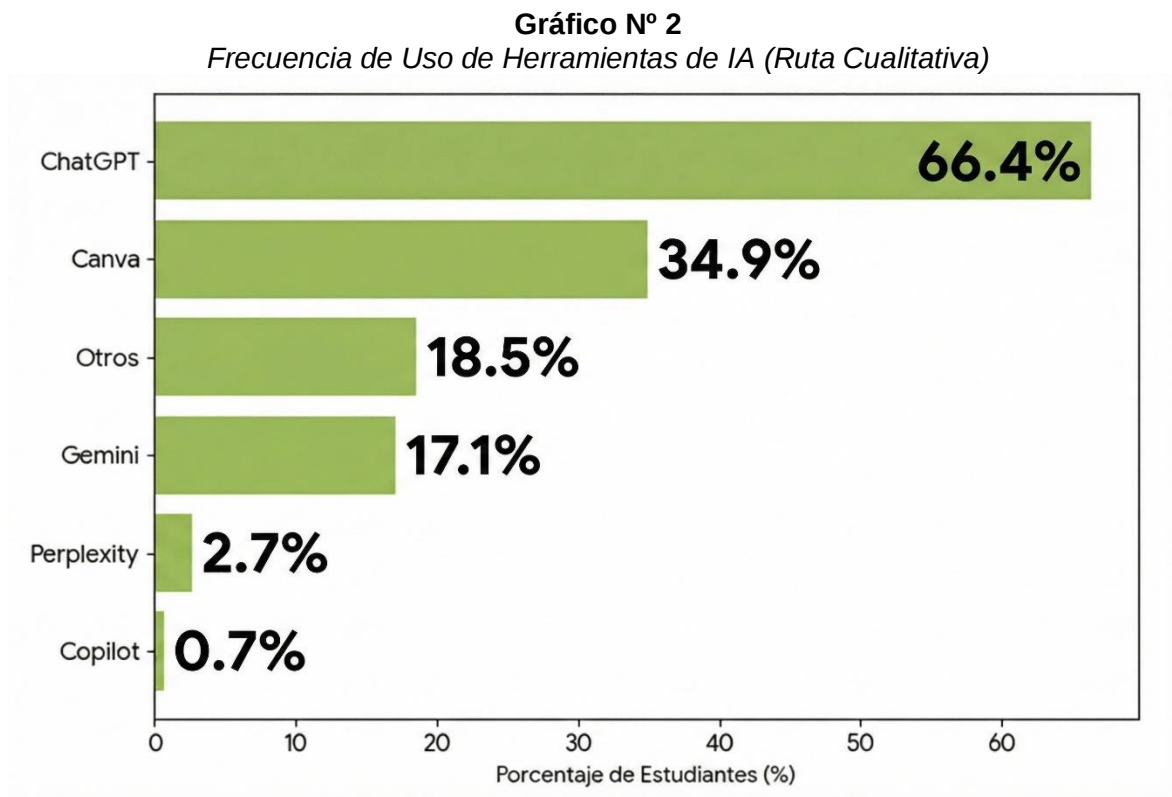


Nota. Los porcentajes representan el promedio de respuestas favorables. La línea punteada indica el umbral del 80% establecido como criterio de dominio favorable óptimo. La categoría "Variables Contextuales" promedia los resultados de Condiciones Didácticas y Ética. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del cuestionario docente (2025).

Como se observa, la variable Uso Pedagógico de la IA obtuvo la valoración más alta (73.25%), lo que indica que los docentes poseen conocimiento teórico y familiaridad con las herramientas de IA. Sin embargo, las variables dependientes, Pensamiento Crítico (60.62%) y Resolución de Problemas (54.17%), muestran niveles insuficientes, sugiriendo que el uso de la tecnología no se está traduciendo automáticamente en mejoras cognitivas profundas. Las Variables Contextuales (promedio 53.86%) presentan el desempeño más bajo, señalando deficiencias críticas en infraestructura, formación ética y condiciones didácticas.

Análisis cualitativo: Patrones de Uso y Verificación

La ruta cualitativa permitió profundizar en la naturaleza del uso que los estudiantes hacen de la IA. El gráfico N°2 detalla las herramientas más utilizadas, revelando una fuerte concentración en soluciones generativas de texto y diseño.



Nota. Frecuencia de mención de herramientas específicas en las respuestas abiertas del cuestionario estudiantil (n=146). Los porcentajes no suman 100% debido a respuestas múltiples. Fuente: Elaboración propia a partir de datos cualitativos (2025).

El predominio de ChatGPT (66.4%) y Canva (34.9%) confirma un uso instrumental enfocado en la eficiencia para la producción de textos y presentaciones, con una penetración marginal de herramientas más especializadas para la investigación (Perplexity) o la programación (Copilot).

El hallazgo más crítico del estudio se relaciona con la competencia de verificación de la información. El gráfico N°3 ilustra el comportamiento de los estudiantes frente a los datos generados por la IA.

Gráfico N° 3
Verificación Crítica de la Información Generada por IA



Nota. Proporción de estudiantes que reportan verificar activamente la información provista por la IA frente a quienes no lo hacen. Fuente: Elaboración propia a partir de la categorización de respuestas abiertas (2025).

El dato es contundente: el 97.3% del estudiantado no verifica la información proporcionada por la IA. Este hallazgo, triangulado con el bajo desempeño en la variable cuantitativa de Pensamiento Crítico, alerta sobre un alto riesgo de aceptación acrítica de contenidos sesgados o erróneos (información falsa de la IA), debilitando la autonomía cognitiva.

Análisis descriptivo ampliado de la triangulación de resultados

Cuadro N° 1

Resumen de resultados cuantitativos y cualitativos por variable y categoría (Docentes y Estudiantes)

Variable / Categorías	Fav. CUAN (Docentes)	Nivel CUALI (Estudiantes)	Brecha (DITRIAC)	Interpretación Sintetizada
Conocimiento IA	73.25%	Alto	□ Convergencia	Existe una confianza tecnológica confirmada en ambas rutas; la barrera de acceso instrumental está superada.
Pensamiento Crítico	60.62%	Medio-Bajo	□ Divergencia	La debilidad en la evaluación crítica y verificación de fuentes es más evidente y severa en la experiencia cualitativa estudiantil.
Resolución de Problemas	54.17%	Medio	□ Convergencia	Consenso sobre el impacto dual: fortaleza en la fase de ideación/creatividad, pero debilidad marcada en la verificación y rigor.
Ética	56.28%	Bajo	□ Divergencia	Brecha significativa entre el saber teórico (preocupación docente) y el hacer práctico (falta de normativa en el aula).
Condiciones Didácticas	51.41%	Muy Bajo (25%)	● Crítica	Vacío pedagógico e institucional profundo; la infraestructura y planificación no soportan la demanda educativa actual.

Nota. Datos producto de la triangulación concurrente (DITRIAC). La columna "Fav. CUAN" refleja el porcentaje de respuestas favorables en escala Likert por parte de los docentes (n=23). La columna "Nivel CUALI" sintetiza la categorización de las respuestas abiertas de estudiantes (n=146). Fuente: Barrantes (2025).

La aplicación del diseño de Triangulación Concurrente (DITRIAC) permitió contrastar la percepción docente, cuantificada mediante instrumentos estandarizados, con la experiencia fenomenológica de los estudiantes recopilada cualitativamente. Este cruce de datos revela una realidad educativa compleja caracterizada por niveles variables de convergencia y divergencia entre los actores del proceso educativo.

1. Conocimiento y uso de IA: Convergencia en la confianza tecnológica

Se identifica una convergencia positiva entre la valoración cuantitativa docente (73.25% favorable) y el nivel "Alto" reportado en la ruta cualitativa. Ambos grupos

demuestran una familiaridad instrumental significativa con herramientas generativas como ChatGPT y Canva. Esta convergencia sugiere que la barrera de entrada técnica ha sido superada; sin embargo, la interpretación cualitativa matiza que esta confianza tecnológica es mayoritariamente instrumental y operativa, careciendo aún de una profundidad pedagógica sistémica.

2. Pensamiento crítico: Divergencia y la ilusión de competencia

En esta variable y categoría se detecta una divergencia preocupante. Mientras que los datos cuantitativos arrojan una favorabilidad moderada del 60.62%, sugiriendo que los docentes perciben cierto desarrollo de habilidades analíticas, la evidencia cualitativa sitúa el nivel en Medio-Bajo. Esta discrepancia se explica por el fenómeno de automatización ingenua: el estudiantado cree estar ejerciendo pensamiento crítico al acceder a información rápida, pero la realidad operativa muestra una ausencia crítica de verificación de fuentes (97.3% de no verificación). La percepción docente sobrestima la autonomía cognitiva que realmente poseen los estudiantes frente a la IA.

3. Resolución de problemas: Convergencia en la dualidad funcional

Existe una convergencia respecto a la naturaleza del impacto de la IA en la resolución de problemas. Tanto el 54.17% de favorabilidad cuantitativa como el nivel Medio cualitativo reflejan un consenso sobre el rol dual de la tecnología: actúa como un potente catalizador en la fase de ideación y creatividad (estrategias), pero debilita significativamente las fases de rigor, ejecución y verificación. La IA se percibe como una herramienta que facilita el inicio del proceso resolutivo pero que frecuentemente obstaculiza la validación lógica del resultado final.

4. Ética y uso responsable: Divergencia entre teoría y praxis

Se observa una divergencia marcada por la brecha entre el saber y el hacer. Cuantitativamente, la variable alcanza un 56.28%, indicando una preocupación teórica por parte de los docentes sobre el plagio y la integridad. No obstante, el nivel cualitativo Bajo revela que, en la práctica, el estudiantado carece de directrices claras, operando en zonas grises normativas. La inferencia central es que la preocupación ética docente no se ha traducido en protocolos de aula efectivos ni en hábitos estudiantiles de citación transparente.

5. Condiciones didácticas: Brecha crítica institucional

Esta variable y categoría presenta la situación más alarmante del estudio, calificada como brecha crítica. La favorabilidad cuantitativa es apenas del 51.41%, pero la realidad cualitativa se desploma a un nivel Muy Bajo (estimado en un 25% de efectividad experiencial). Esta disparidad confirma un vacío pedagógico e institucional profundo: la infraestructura (conectividad) y la falta de tiempo docente impiden que la intención de uso se materialice en prácticas educativas sostenibles en IA. El estudiantado percibe la integración de la IA como eventos aislados y no como una estrategia curricular coherente.

Discusión

Los resultados de esta investigación permiten caracterizar la relación entre la IA y las competencias cognitivas superiores en el contexto de Turrialba como una relación de impacto dual condicionado, confirmando la hipótesis de trabajo planteada donde el nivel de uso de herramientas de inteligencia artificial no se relaciona significativamente con el desarrollo del pensamiento crítico ni con la capacidad de resolución de problemas percibidos en los estudiantes de secundaria STEAM de Turrialba.

La triangulación de datos (DITRIAC) revela que la tecnología no actúa de manera neutra, sino que ejerce fuerzas opuestas dependiendo de la mediación pedagógica: actúa como un potente amplificador en las fases de creatividad e ideación, pero se convierte en un obstáculo significativo para el desarrollo metacognitivo si no se gestiona bajo un diseño didáctico riguroso.

La paradoja de la autonomía y la descarga cognitiva: La alta dependencia de herramientas generativas sin procesos de verificación valida empíricamente las preocupaciones teóricas sobre la descarga cognitiva. El hallazgo de que el 97.3% de los estudiantes no verifica la información generada por la IA y que el 97.9% no realiza análisis ni evaluación de los resultados, sugiere que la herramienta está funcionando como un sustituto del pensamiento crítico en lugar de un andamiaje. Mientras el 60.6% de los docentes percibe un pensamiento crítico favorable (CUAN), el 97.3% de los estudiantes admite no verificar la información (CUAL), esto confirma la hipótesis de automatización ingenua.

Al delegar en la IA la síntesis y evaluación de la información, el estudiantado pierde la oportunidad de ejercitar el juicio crítico necesario para discriminar la verdad de la verosimilitud, cayendo en lo que la literatura denomina automatización ingenua. Este fenómeno se ve agravado por la percepción docente sobre la autonomía cognitiva (ítem 30), donde persiste la preocupación de que la inmediatez de la respuesta de la IA esté debilitando la capacidad de pensamiento crítico y la perseverancia intelectual necesaria para el aprendizaje profundo.

Divergencias disciplinares en la resolución de problemas: El análisis desagregado por áreas de conocimiento expone una discrepancia reveladora en la competencia de resolución de problemas. Mientras que en Ciencias la IA se integra favorablemente (75% de percepción positiva) como una herramienta de indagación, modelado y expansión conceptual, en Matemáticas la percepción es mayoritariamente escéptica (solo 33.33% favorable). Los docentes de Matemáticas identifican un riesgo crítico en el ítem 33 (respuestas automáticas), señalando que la IA tiende a ser utilizada como un atajo que elude el razonamiento lógico-procedimental necesario para la solución, entregando el producto final sin exigir la comprensión del proceso. Esto sugiere que la integración de la IA debe ser disciplinariamente situada: no todas las herramientas sirven para todos los procesos cognitivos, y en disciplinas exactas, su uso requiere una reingeniería de la evaluación para valorar la trazabilidad del razonamiento por encima del resultado numérico.

Esta discrepancia entre disciplinas no es casual, sino que responde a una limitación técnica intrínseca de la IA generativa actual. Como explican Bastani et al. (2024), los Modelos de Lenguaje Grande (LLM) están diseñados para predecir la siguiente palabra más probable en una secuencia (naturaleza probabilística), no para ejecutar razonamientos lógicos basados en reglas estrictas (naturaleza determinista). Esto provoca que, en Matemáticas, la IA cometa errores de alucinación plausibles en los pasos procedimentales, lo que justifica el escepticismo de los docentes de esta área al percibir que la herramienta puede ofrecer resultados correctos mediante procesos erróneos, afectando negativamente la adquisición de habilidades fundamentales si no existen salvaguardas pedagógicas estrictas.

La brecha entre ideación y ejecución: Se identificó un contraste significativo dentro de la estructura de resolución de problemas. La IA es altamente valorada por su capacidad para potenciar la generación de estrategias creativas (ítem 31, 73.85% favorable), facilitando la fase de lluvia de ideas y la diversificación de enfoques. Sin embargo, su impacto cae drásticamente en la fase de monitoreo y ajuste del proceso (ítem 32, 47% promedio global), especialmente en Matemáticas donde la favorabilidad desciende al 27%. Esto indica que la IA es excelente para arrancar el motor cognitivo (ideación), pero deficiente para sostener la regulación metacognitiva (verificación y corrección) si el estudiante no cuenta con las competencias previas para verificar la información que brinda la IA.

El peso del contexto y el vacío ético: Las variables contextuales demuestran que la innovación pedagógica no ocurre en el vacío. La falta de condiciones tecnológicas estables (con un 65.2% de conectividad intermitente y un 26.1% inexistente) configura un acceso desigual que limita la integración sistémica de la IA en el aula, relegándola a tareas extraclase o usos esporádicos. A esto se suma un vacío normativo: la dimensión ética obtuvo un desempeño desfavorable (56.3%), reflejando una carencia de directrices institucionales claras. El dato cualitativo de que solo el 20% de los estudiantes aplica criterios de citación y transparencia evidencia que el uso de la IA es más clandestino e instrumental que pedagógico y transparente. Sin un marco ético explícito y condiciones de infraestructura adecuadas, la IA corre el riesgo de ampliar las brechas educativas en lugar de cerrarlas.

Conclusiones principales

1. Estado general de la implementación (Dominio Desfavorable): La integración de la Inteligencia Artificial (IA) en los centros educativos STEAM de Turrialba se encuentra en un estado incipiente y desfavorable, alcanzando un promedio global de ejecución del 61.5%, cifra que no supera el umbral del 80% establecido como criterio de éxito operativo. Si bien los docentes poseen un conocimiento teórico y una disposición positiva hacia las herramientas (73.25% de favorabilidad en Uso Pedagógico), esto no se ha traducido en un desarrollo efectivo de competencias cognitivas superiores en el estudiantado debido a la falta de un andamiaje didáctico estructurado.

2. Impacto dual en la Resolución de Problemas: Se concluye que la IA ejerce un impacto dual y asimétrico en la capacidad de resolución de problemas.

- Fase de Ideación (Positiva): La tecnología actúa como un potente catalizador en la generación de estrategias creativas y la expansión de enfoques iniciales.
- Fase de Ejecución y Monitoreo (Negativa): La IA debilita el rigor procedimental y la validación lógica. Existe una brecha disciplinar significativa: mientras los docentes de Ciencias perciben la herramienta favorablemente (75%), los de Matemáticas manifiestan un marcado escepticismo (33.33%), alertando que la IA propicia la obtención de resultados finales sin la comprensión de los procesos lógicos subyacentes.

3. Fenómeno de automatización ingenua en el Pensamiento Crítico: La investigación halló una discrepancia crítica entre la percepción de autonomía cognitiva y la práctica real. Aunque cualitativamente se valora el acceso a la información, cuantitativamente se demostró una ausencia alarmante de verificación: el 97.3% del estudiantado no corrobora la información generada por la IA. Esto sugiere que la herramienta está fomentando una descarga cognitiva donde al estudiantado delega el juicio crítico a la IA, aceptando respuestas sesgadas o erróneas como verdades absolutas.

4. Barreras estructurales y vacío ético: El contexto actúa como un factor limitante decisivo para la integración sistémica de la IA.

- Infraestructura: La conectividad intermitente (reportada por el 65.2% de los docentes) y la carencia de dispositivos impiden el uso de la IA en tiempo real, relegándola a tareas asincrónicas o extraclase.
- Ética: Existe un vacío normativo institucional (56.3% en la variable ética); la falta de directrices claras sobre citación y transparencia académica ha propiciado un uso clandestino e instrumental de la tecnología, en lugar de un uso ético y responsable.

5. Necesidad de reingeniería pedagógica: Se concluye que la simple introducción de herramientas de IA no garantiza mejoras educativas. Para transitar de un uso instrumental a uno transformador en la educación STEAM, es imperativo implementar

estrategias de Aprendizaje Basado en el Pensamiento con IA. ***Esto implica diseñar tareas que exijan explícitamente la trazabilidad del razonamiento, la triangulación de fuentes y la justificación de los resultados obtenidos mediante la IA, desplazando el foco de la evaluación del producto final hacia el proceso de verificación.***

Referencias bibliográficas

- Barrantes, A. (2025). *Las herramientas de inteligencia artificial y su impacto en el pensamiento crítico y la resolución de problemas: estudio de caso de estudiantes de secundaria STEAM de Turrialba* [Tesis postdoctoral no publicada]. Universidad Internacional San Isidro Labrador.
- Bastani, H., Bastani, O., H., A., Park, H., Hassidim, A., & Silva, R. (2024). Generative AI without guardrails can harm learning: Evidence from high school mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 121(41), e2402263121. <https://doi.org/10.1073/pnas.2422633122>
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319–340. <https://doi.org/10.2307/249008>
- Facione, P. A. (1990). *Critical thinking: A statement of expert consensus for purposes of educational assessment and instruction (The Delphi report)*. California Academic Press. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED315423.pdf>
- Gerlich, M. (2025). AI tools in society: Impacts on cognitive offloading and the future of critical thinking. *Societies*, 15(1), 6. <https://doi.org/10.3390/soc15010006>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Education.
- MEP. (2023). Manual interactivo: Ruta de trabajo Educación STEAM para la innovación, la calidad y el desarrollo de habilidades en centro educativo. Ministerio de Educación Pública. <https://mep.go.cr/sites/default/files/2024-06/ManualSTEAM.pdf>
- MICITT. (2025). Plan de Acción ENIA 2024–2027. Versión marzo 2025. Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones. <https://micitt.go.cr/.../Plan%20de%20Acci%C3%B3n%20ENIA%20-%20Versi%C3%B3n%2006%20de%20marzo%202025.pdf>
- Polya, G. (1957). *How to solve it: A new aspect of mathematical method* (2a ed.). Princeton University Press.
- Santoso, H., Batubara, A. S., Gulo, F., Ruliana, P., Tamba, S. P., & Sihombing, P. S. R. (2024). Generative artificial intelligence in secondary education: Applications and effects on students' innovation skills and digital literacy. *PLOS ONE*, 19(5), e0323349. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0323349>
- UNESCO. (2024). *Guía para el uso de IA generativa en educación e investigación*. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000389227_spa